

兵器上的数理化

刘云超

解放军出版社

兵器上的数理化

刘云超

解放军出版社出版

(北京平安里三号)

新华书店北京发行所发行

一二〇二厂印刷

787×1092毫米 32开本 7.125印张 153千字

1986年8月第一版 1986年8月(北京)第一次印刷

印数1——6000

统一书号: 7185·18 定价: 1.30元

目 录

浅谈表尺分划的疏与密	(1)
打枪的学问	(5)
打几百米的目标定表尺几吗	(11)
别具一格的缩影瞄准具	(17)
高射炮如何边走边打	(25)
密位公式的来历	(29)
小议枪刺椭圆孔	(36)
令人讨厌的枪后座	(40)
步枪的口径为什么要缩小	(43)
陀螺原理与螺旋膛线	(46)
炮闩为啥能自锁	(52)
反后座装置的功用	(56)
坦克高速转向防翻车	(64)
坦克上坡与冲坡	(67)
坦克怎样过崖壁	(71)
弹丸的射程与射高	(77)
枪弹的杀伤作用	(83)
弹壳为啥会断裂	(86)
微声枪与无声炮	(89)
五花八门的膛口装置	(93)
当心枪管“胀肚子”	(100)
小小活塞名堂多	(102)

火箭武器今昔谈	(104)
弹丸的头与尾	(109)
能飞善钻的箭形弹	(117)
弹丸在膛内的惯性力	(120)
武艺高强的“甲弹”众弟兄	(126)
多卜勒效应与多卜勒引信	(133)
增程炮弹“三兄弟”	(138)
风偏的形成与修正	(141)
反坦克导弹是怎样飞向目标的	(146)
望远镜为啥能望远	(153)
现代战场上的“夜视眼”	(158)
身手不凡的激光测距机	(163)
雷达测距浅谈	(166)
雷达阵地设在何处好	(171)
锈蚀枪膛的罪魁祸首	(178)
枪炮为啥长麻坑	(181)
奇特的压电引信	(187)
“光弹”与“烟弹”的奥秘	(192)
奇形怪状的发射药	(197)
啃钢咬铁的“炮弹虫”	(200)
炸药爆炸的ABC	(205)
兵器上的化学电源	(208)
兵器上的新材料——陶瓷	(217)

浅谈表尺分划的疏与密

你发现了吗？步枪、冲锋枪上的弧形表尺分划间隔都是均匀的，而机枪上的立框式表尺分划却刻得上边疏、下边密（图1）。这是为什么呢？要说清楚这个问题，得先从弹丸的外弹道性能谈起。

大家知道，弹丸飞行时，由于地球引力的作用，是一面向前飞，一面往下降的。为了保证弹丸能击中远方的目标，射击时就必须把枪口适当抬高，也就是赋予枪械相应的高角。但由于弹丸在空气中飞行时受到空气阻力的作用，作减速运动，射程越远，它的速度就越低，其降弧段的弯曲程度也就越大（图2）。所以，有时射程的变化量虽然相同（比如都增加100米），其高角的变化量却并不一样。射程近的，高角变化量小；射程远的，高角变化量大。比如，53式重机枪使用普通枪弹射击时，距离100米高角是8′，距离200米高角是9′。也就是说，从100米到200米，射程增加了100米，而高角仅有1′之差。然而，随着射击

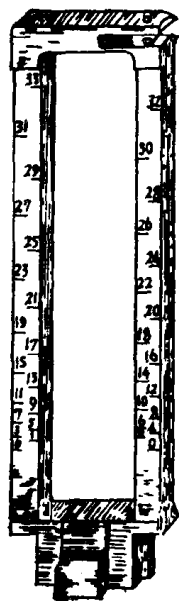


图1 框式表尺分划板

α 的正切值 $\operatorname{tg}\alpha$ 相乘 ($H = L \cdot \operatorname{tg}\alpha$) 得来的。由于在 $0-90^\circ$ 范围内, 正切函数值是随着角度的增大而增大的, 所以在瞄准基线长不变的情况下, 缺口超越准星尖的高度也就相应地随着高角的增大而增大。就拿瞄准基线长为 855 毫米的 53 式重机枪来说吧, 当它使用普通枪弹射击时, 表尺分划的高度分别为

$$H_{100} = L \cdot \operatorname{tg}\alpha_1 = 855 \times \operatorname{tg}8' = 1.96 \text{ (毫米)}$$

$$H_{200} = L \cdot \operatorname{tg}\alpha_2 = 855 \times \operatorname{tg}9' = 2.22 \text{ (毫米)}$$

.....

$$H_{800} = L \cdot \operatorname{tg}\alpha_8 = 855 \times \operatorname{tg}38' = 9.48 \text{ (毫米)}$$

$$H_{900} = L \cdot \operatorname{tg}\alpha_9 = 855 \times \operatorname{tg}46' = 11.50 \text{ (毫米)}$$

从 100 米至 200 米, 表尺分划增量为

$$H_{200} - H_{100} = 2.22 - 1.96 = 0.26 \text{ (毫米)}$$

而从 800 米至 900 米, 表尺分划增量则为

$$H_{900} - H_{800} = 11.50 - 9.48 = 2.02 \text{ (毫米)}$$

正因为在射击距离变化量相同的情况下, 远距离高角的变化量大于近距离高角的变化量, 所以就形成了射程越近, 表尺分划的间隔越密; 射程越远, 表尺分划的间隔越疏的现象。

既然射击距离的远近决定了表尺分划间隔的疏与密, 那么步枪、冲锋枪表尺分划的间隔为什么又刻得均匀相等呢 (图 4)? 其实, 步枪、冲锋枪所用的弧形表尺与机枪采用的立框式表尺的构造原理都是一样的。所不同的是, 在步枪、冲锋枪的表尺座上, 都有一个经过严密计算、精心设计好的弧形侧棱 (图 5)。不同射击距离上高角的不同变化量是通过表尺座上的弧形侧棱来提供的。因而它们的表尺分划也就可以刻得间隔相等, 上下一致了。

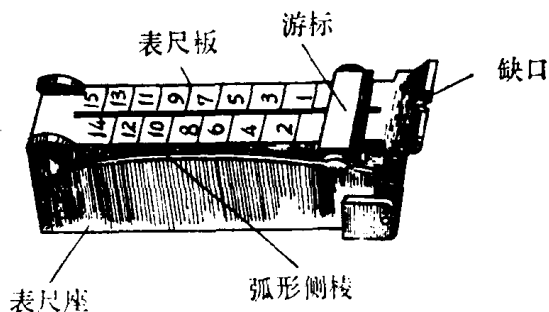


图 4 弧形表尺

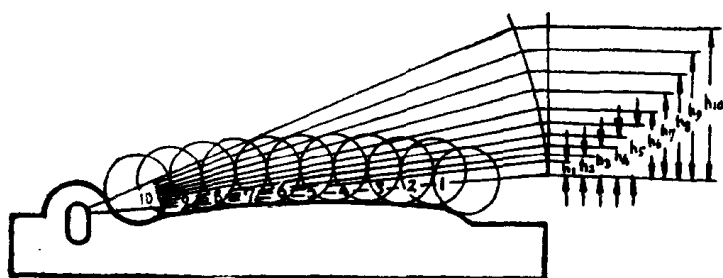


图 5 弧形表尺分划的刻制

表尺的分划是在不同的射击距离上，赋予枪械相应高角的依据。所以，它的精度对射击效果有着较大的影响。特别是立框式表尺，在刻制表尺分划时，都是假定立框垂直于枪膛轴线的。当立框与枪膛轴线不垂直或游标松动，表尺轴磨损过大时，都会因表尺缺口高度的改变而影响枪械的射击精度。因此，使用中要特别注意表尺的检查和维护。

打 枪 的 学 问

不论是新战士还是老战士，走进靶场后都希望能打出一个理想的好成绩。可实弹射击的结果，有的能如愿以偿，有的却大失所望。究其原因，大都是因为操枪不稳和瞄准有问题造成的。

实践告诉我们，要想取得好的射击成绩，正确瞄准是关键。所谓正确瞄准，就是在右眼通视缺口和准星的同时，使准星尖位于缺口中央并与上沿平齐，然后指向瞄准点。如果准星与缺口的位置摆不正，那就要影响射击精度。影响的大小，可以通过数学计算求得。

图 6 是一个简单的射击原理图。

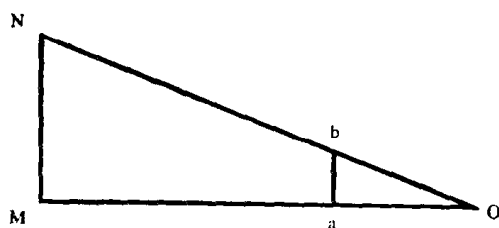


图 6 简单的射击原理图

图中 MN——弹着点偏离目标中心距离；
OM——射击距离；

ab——准星偏离缺口中心距离；

Oa——瞄准基线长。

由图中可以看出， $\triangle ONM$ 与 $\triangle Oba$ 正好是两个相似的直角三角形。根据相似三角形对应边成比例的原理，在 $\triangle ONM$ 和 $\triangle Oba$ 中

$$\frac{MN}{ab} = \frac{OM}{Oa} \quad MN = \frac{OM \cdot ab}{Oa}$$

对于瞄准基线长 $Oa = 480$ 毫米的半自动步枪，在 $OM = 100$ 米的射击距离上，如果准星尖在缺口内的偏差量 $ab = 1$ 毫米，子弹在100米距离处偏离目标中心量为

$$MN = \frac{OM \cdot ab}{Oa} = \frac{100 \times 0.001}{0.48} \\ \approx 0.21 \text{ (米)} = 210 \text{ (毫米)}$$

从上式可知，这个偏差量 MN 与射击距离 OM 和准星尖在缺口内偏差量 ab 是成正比例关系的。根据上面的关系式还可算出，即使准星尖在缺口内的偏差量 ab 不变，子弹在200米射击距离上偏离目标中心的数值也要增大到420毫米；在400米射击距离上，就会偏离目标中心840毫米。而一般人体的宽度只有500毫米左右，因而命中目标的可能性就很小了。正常情况下，在100米射击距离上能命中胸环靶9环（弹着点偏离靶心约90毫米），那么弹丸飞到200米距离时就要偏离靶心180毫米，相当于7环的位置；弹丸飞到400米距离时，偏离靶心就是360毫米了。对于半身靶，如果是高低散布还能命中，若是左右散布就脱靶了。因此，只有保持准星位于缺口的正中（图7），在100米距离上发发命中10环（弹着点偏离靶心小于50毫米），在400米距离上才能使弹着点偏离靶心200毫米左右，保证发发

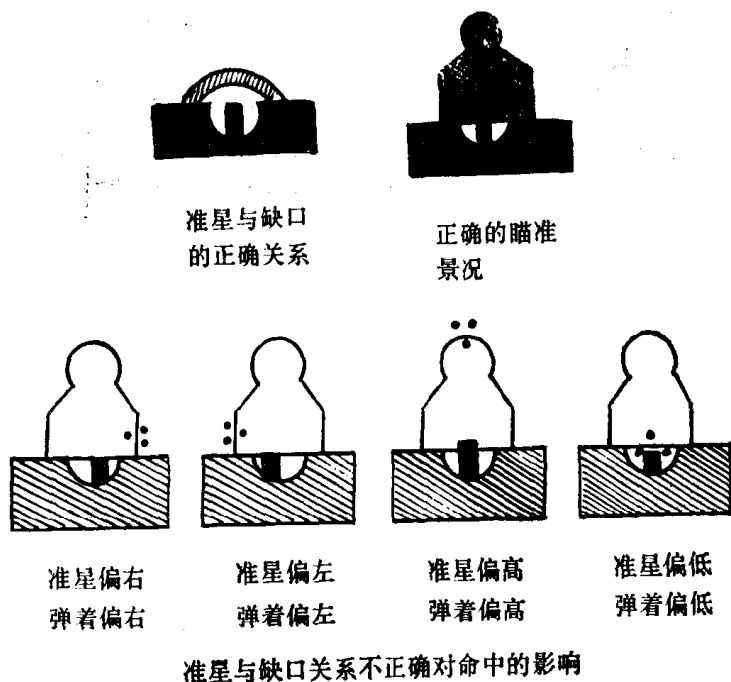


图 7 准星与缺口的关系

命中目标。

然而，战场上的射击目标并非都在射手的正前方，有位于左侧的，也有位于右侧的，有静止的，也有运动的。这就要求射手机动灵活地修正瞄准点，才能准确地命中目标。

当目标运动方向与射击方向成 90° 时（图 8），修正量可根据目标运动的速度确定。

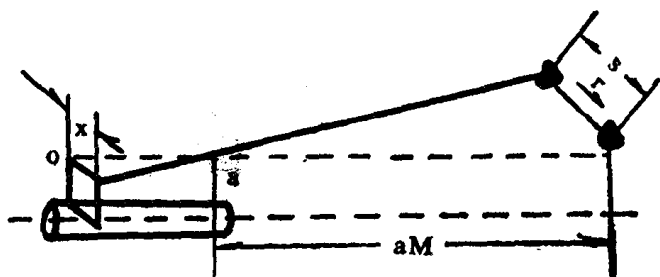


图 8 表尺缺口修正示意图

图中 x ——缺口修正量；
 aM ——射击距离；
 oa ——瞄准基线长；
 v ——目标运动速度；
 s ——瞄准提前量；
 t ——弹丸到达目标所需时间。

根据相似三角形对应边成比例的关系

$$\frac{x}{s} = \frac{oa}{aM} \quad s = v \cdot t$$

$$x = \frac{oa \cdot s}{aM} = \frac{oa \cdot v \cdot t}{aM}$$

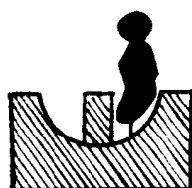
按照这一关系式，就可以求出在不同的射击距离上，对具有不同运动速度的目标射击时横表尺修正量。如有一移动目标，以3米/秒的速度在我阵地前沿300米处自右向左运动，当使用瞄准基线长为596毫米的56式轻机枪射击时，就可根据给定的条件，从射表中查出 $t = 0.5$ 秒，代入计算公式，得

$$x = \frac{v \cdot t \cdot \alpha}{aM} = \frac{3 \times 0.5 \times 0.596}{300} \\ = 0.003 \text{ (米)} = 3 \text{ (毫米)}$$

实弹射击时，也可将提前瞄准量划为提前人体数（图9）。因为一个人体宽约为0.5米，所以

$$\text{提前人体数} = \frac{\text{提前瞄准量}}{\text{人体宽度}} = \frac{v \cdot t}{0.5} = \frac{3 \times 0.5}{0.5} = 3 \text{ (人)}$$

即只要将缺口向左移动3毫米，或向左提前三个人体瞄准，当弹丸飞至300米时，正好与向左移动1.5米的运动目标相遇，因而就恰好命中目标。



为了方便使用，多数教材还把提前修正量编成了射表。如表1就

图9 提前量约一个人体时的取法

表1 提前修正量表

射距离 (米)	提前修正量 (分划和人体)				弹头到达 目标的飞 行 时 间 (秒)
	与射面成45°角		与射面成90°角		
	横表尺 (分划)	人 体	横表尺 (分划)	人 体	
100	1 1/2	1	2	1	0.14
200	1 1/2	1 1/2	2 1/2	2	0.31
300	2	2	2 1/2	3	0.50
400	2	3	2 1/2	4 1/2	0.72
500	2	4	3	6	0.97
600	2 1/2	5	3 1/2	7 1/2	1.26

是56式轻机枪对运动目标（3米/秒）射击时的提前修正量表。

横风的影响也是实弹射击时经常遇到的问题。当缺口分划归零，对固定目标瞄准射击时，如果横风从左向右吹，弹着点就会偏在目标右方。若将缺口适当向左修正，再瞄向目标，枪管就对向目标的左方。正常情况下，弹丸飞向左侧，但由于风向右吹，两者一折衷，子弹就恰好命中目标（图10）。具体地说，缺口修正的方向与风吹的方向相反，与目标运动方向相同。目标顺风运动时，在提前量内减去风的修正量；目标逆风运动时，在提前量上加上风的修正量。

倘若目标运动的方向或风向与射向不成 90° ，而是斜方向时（图11），其缺口的修正量还要把求得的横方向（成 90°

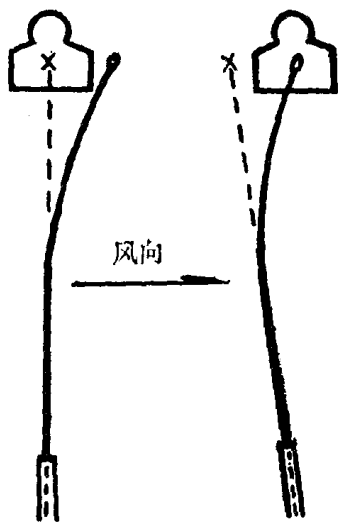


图10 横风的影响



图11 目标斜方向运动

角)时的修正量,再乘以目标或风向与射击方向所夹角度 α 的正弦值 $\sin \alpha$ 。例如在我阵地前沿300米处从右向左运动的目标与射击方向的夹角为 30° ,缺口的修正量就应为

$$\begin{aligned} x &= \frac{v \cdot t \cdot \omega a}{aM} \cdot \sin \alpha \\ &= \frac{3 \times 0.5 \times 0.596}{300} \times \sin 30^\circ \\ &\approx 0.0015 \text{ (米)} = 1.5 \text{ (毫米)} \end{aligned}$$

只要我们清楚了这其中的数学关系,再正确掌握了操作要领,就一定能取得理想的射击成绩。

打几百米的目标定表尺几吗

在有些人看来,用步枪射击时,打几百米的目标定表尺几,应该是无可非议的。就是在对高低角(枪口中心点与目标的连线为高低线,高低线与枪口水平面的夹角为高低角)较大的目标射击时,也仍然用常规的方法装定表尺,其结果很少有打准目标的。殊不知,这时的表尺分划,应该随着高低角的增大而相应地减小。

当对距离相同,但高低角不同的两个目标射击时(图12),它们的弹道是有很大区别的。比如甲、乙两个目标的距离都是400米,其中一个高低角为零,一个高低角为 ε ,若都装定表尺4射击,弹道的升弧段则分别为Ⅰ和Ⅱ(图13)。如果在各弹道上选取弦长相等的两点进行比较的话,就会发现虽然弹丸的口径、重量及所受的重力 W 都是一样

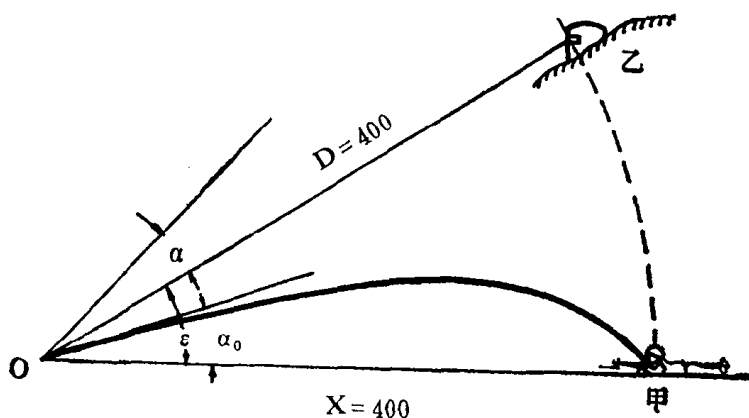


图 12 对高低角不同目标的射击

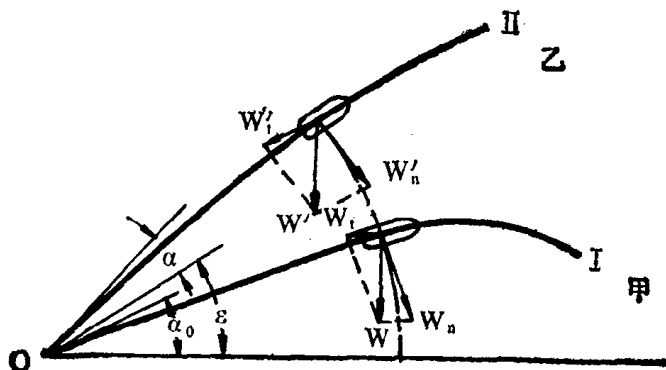


图 13 高低角不同弹道曲度也不同

的，但在弹道切线和法线方向上的重力分量却随着高低角的不同而不同。在切线方向上的分量 $W_t' > W_t$ ，而在法线方向上，却是 $W_n' < W_n$ 。乍一看来，在弹道升弧段，弹丸重力的切线分量方向与弹丸运动的方向正好相反，是减小

弹丸速度的。但由于造成弹丸在升弧段减速的主要原因是空气阻力，并且对于初速相同的同一种枪弹，即使高低角有些变化，而空气阻力的差别却并不明显。因此弹丸重力在切线方向上的分量并不是影响飞行速度的主要原因。相反，弹丸重力在法线方向上的分量，却对弹丸的减速有着较大的影响。这是因为法向分量愈大，在同样时间里，弹丸被垂直拉下来的距离就愈大，其弹道相对于瞄准线也就愈弯曲。法向分量愈小，弹道相对于瞄准线就愈平伸。高低角愈大，重量的法向分量愈小，高低角愈小，重量的法向分量愈大。所以，在对斜距离与水平距离相等，而高低角 ε 较大的目标射击时，在弹道比较平伸的情况下，如果再装定同样的表尺，弹丸就必定要超过目标点，出现远弹。为了保证准确地命中目标，就必须适当地将表尺减小，并且高低角愈大，表尺减得愈多。

那么表尺应该减多少，才能保证弹丸准确地命中目标呢？这个答案我们可以从弹道方程式中找到。

弹道学告诉我们，真空弹道方程式中射高的表达式为

$$y = x \cdot \operatorname{tg} \theta_0 - \frac{1}{2} g \cdot \frac{1}{v_0^2 \cdot \cos \theta_0} \cdot x^2$$

式中 x ——射击水平距离；

θ_0 ——发射角；

v_0 ——弹丸初速。

假定射击时高低角为 ε ，相应的高角为 α ，发射差角（瞄准后固定了的枪管轴线与击发时改变了的枪管轴线的夹角）为 0 ，则发射角 $\theta_0 = \varepsilon + \alpha$ ，斜距离为 X_ε 。

由图14可以看出